

CHARAKTERIZACE STRUSKOVÝCH HMOT Z DRAŽŮVEK U KYJOVA

Characterization of slags from Dražůvky near Kyjov

Zdeněk Dolníček¹, Klára Čudrnáková²

¹ Katedra geologie PřF UP, tř. 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc; e-mail: dolnicek@prfnw.upol.cz

² Obec Dražůvky, Dražůvky 114, 696 34 Archlebov

Key words: smithing slags, non-metalurgical slags, archaeology, phase composition

Abstract

Slag-like artifacts occurring in a Late Medieval-to-Early Modern horizon have been found during groundworks in Dražůvky. Two types of slags were recognized. The matrix of the Type 1 slag is composed of fayalite, wüstite, and minor glass (often devitrified) and exhibits an inhomogeneous texture, being composed of domains with strongly varying phase composition. In addition, Type 1 slags occasionally contain remnants of quartz, charcoal, and inclusions of Type 2 slags. Type 2 slag are glassy, composed dominantly of glass (sometimes partly devitrified) and remnants of quartz, rarely grains of zircon, opaque phases, and inclusions of Type 1 slags are observed. Type 1 slags are interpreted to be smithing iron slags. The Type 2 slags can represent partly smelted lining of a furnace/hearth. With respect to the high amount of Ca in the glass (16 wt. % CaO) we suggest that the lining was dominated by lime-based mortar. The presence of inclusions of Type 1 slags in Type 2 slags and vice-versa point to the coeval production of both types of slags in the same technological device.

Úvod

Strusky byly objeveny při výkopu základů rodinného domu v Dražůvkách na parcele č. 1423, asi 150 m sz. od mostu přes Trkmanku. Lokalita, ve které se stavba nachází, je podle archeologických nálezů polykulturní a byla osídlena minimálně od doby bronzové. Až do raného novověku je zde písemně doložena trhová osada. V současné době probíhá zpracování nálezů keramiky odbornými pracovníky Masarykova muzea Hodonín, zatím tedy není možné podat podrobnější informace. Vzhledem k dlouholetému osídlení se dá jako souvislá kulturní vrstva určit nejmladší, pozdně středověká až raně novověká (starší kulturní vrstvy byly vždy následným osídlením porušeny, o čemž svědčí nálezy pravěké keramiky v zásypech). V této kulturní vrstvě byly nalezeny také níže charakterizované strusky, spolu s četnými zlomky středověké keramiky.

Metodika

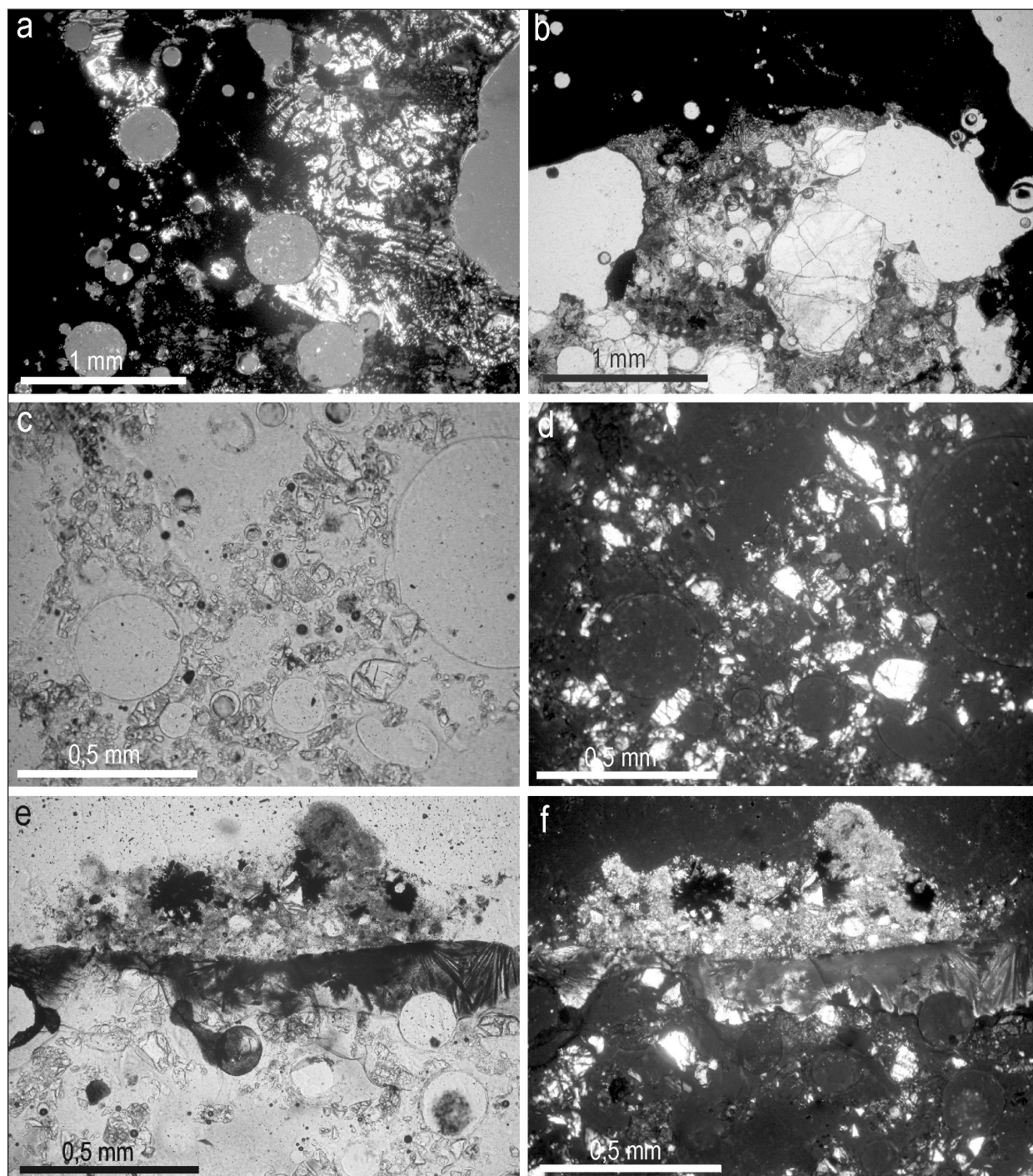
Z vybraných vzorků byly zhotoveny leštěné výbrusy (Z. Dolníček) v přípravně vzorků na Katedře geologie PřF UP v Olomouci. Výbrusy byly studovány pomocí polarizačního mikroskopu Olympus BX-51 v odraženém i procházejícím polarizovaném světle. Následně byly vzorky napařeny uhlíkem a vybrané fáze byly analyzovány na elektronové mikrosondě Cameca SX-100 na Ústavu geologických věd PřF MU v Brně (operátor P. Gadas). Analýzy byly provedeny za následujících podmínek: WDX mod, urychlovací napětí 15 kV, proud vzorkem 20 nA, průměr elektronového svazku 5 µm. Jako standardy byly použity dobře definované syntetické a přírodní fáze.

Makroskopická charakteristika struskových hmot

Odebraný soubor strusek (11 ks) je již při letmém makroskopickém posouzení kompozičně nejednotný.

Lze vyčlenit dva základní typy struskových hmot. Strusky typu 1 (2 ks) dosahují velikosti do 9 cm. V obou případech jde o úlomky větších kusů. Na čerstvém lomu jsou černé, na povrchu silně limonitizované. Strusky jsou silně porézní – porozita je z větší části způsobena hojnými uzavřenými dřevěnými uhlí (velikost až 8 mm), které je ve vzorcích zčásti dochované (ve spodní velmi porézní části slitků), zčásti vyhořelé (v horní masivnější části slitku). Oba vzorky jsou relativně silně magnetické (permanentní magnet na vzorcích sám „drží“). Ojedinele jsou na řezu pozorovatelné až 1 cm velké zatavené světlejší žlutošedé až zelenošedé silně bublinaté domény, které se při bližším mikroskopickém studiu ukázaly být úlomky strusek typu 2 (viz níže).

Strusky typu 2 (9 ks) mají velikost 1–4 cm. Jde jak o úlomky, tak téměř zcela zachovalé celotvary. Celotvary mají většinou nepravidelný izometrický či plochý tvar s velmi členitým povrchem někdy připomínajícím provazcové lávy. Povrch strusek typu 2 je většinou skelně lesklý, méně často matný. Sklovitý vzhled podtrhuje i velmi proměnlivá barva – kromě převažující šedé a hnědavé lze nalézt i partie bělavé, modré, modrozelené, či zelenošedé. Sklo je v tenkých štěpinách obvykle průsvitné, někdy i průhledné. Již makroskopicky bývají ve skle patrná zatavená bílá izometrická zrnka makroskopicky neurčitelné minerální fáze o velikosti do 0,5 mm. Barevná nehomogenita vzorků je patrná i na řezech, na nichž do sebe neostře přechází různé barevné odstíny nepravidelně omezených domén. Typickým rysem je značná porozita všech vzorků, které často připomínají až pemzu. Póry jsou variabilních velikostí (až 1 cm), okrouhlého tvaru, a jejich vnitřní povrch je skelně lesklý, bez mladších minerálních výplní. Strusky typu 2 jsou obvykle slabě magnetické až nemagnetické (nereagují na permanentní magnet nebo jen slabě) a nepodléhají limonitizaci.



Obr. 1: Vzhled struskových hmot z Dražůvek ve výbrusu (procházející světlo). a – struska typu 1 s nehomogenním složením. V levé části obrázku je struska bohatá na opakní fáze, v pravé části je doména bohatá na velké krystaly fayalitu. Fotografováno v XPL. b – kontakt strusky typu 1 (horní část obrázku) a v ní uzavřené inkluze strusky typu 2 (dole), PPL. c – struska typu 2 tvořená sklem a zrny křemene, PPL. d – též záběr, XPL. e – povlak jemnozrnné malty na povrchu strusky typu 2. f – též záběr, XPL. Ve střední části fotografie jsou dobře patrné anizotropní partie tvořené produkty devitrifikace skla.

Fig. 1: Slags from Dražůvky in thin sections (transmitted light). a – Type 1 slag with inhomogeneous phase composition. In left part there is slag rich in opaque phases, whereas in the right part there is a domain rich in big fayalite crystals. Photo taken under crossed polars (XPL). b – contact of Type 1 slag (in the upper part of the photograph) and in it enclosed inclusion of Type 2 slag (bottom), PPL. c – Type 2 slag formed by glass and grains of quartz, PPL. d – the same view in XPL. e – a coating of fine-grained mortar on the Type 2 slag. f – the same view in XPL. In central part of the photo there is an anisotropic part composed of devitrified glass.

Mikroskopie a fázové složení strusky

Struska typu 1 je tvořena třemi hlavními komponentami – olivínem, wüstitem a sklem. V průřezu nažloutlý či nahnědlý olivín tvoří charakteristické lištovité, izome-

trické či kostrovité průřezy (obr. 1a), které často obsahují uzavřeniny wüstitu či skla. Chemické složení odpovídá téměř čistému fayalitu s malou příměsí forsteritu a dicalcium silikátu (≤ 3 mol. %; tab. 1). Wüstit je přítomen

v charakteristických dendritických agregátech, tvořených zákonitě uspořádanými okrouhlými průřezy, které intimně srůstají s olivínem. Chemicky je velmi čistý, s jen nepatrnými příměsmi Al, Ti, Si a Ca nepřesahujícími 0,35 hm. % oxidů (tab. 1). Sklo je ve výbrusu v procházejícím polarizovaném světle obvykle neprůhledné, někdy hnědě prosvítá. V odraženém světle či v obraze odražených elektronů je patrná intenzivní devitrifikace skla. Ojedinele se dále ve struskách vyskytují rozpraskaná zrna křemene, nepravidelné úlomky dřevěného uhlí (často druhotně impregnované oxohydroxidy železa) a nepravidelné až okrouhlé póry o velikosti až 1 mm. Charakteristická je texturní i kompoziční nehomogenita strusek typu 1, vyznačující se přítomností domén s různou vnitřní stavbou, velikostí zrna a kvantitativním fázovým složením (obr. 1a). Lokálně jsou přítomny i zatavené úlomky silně devitrifikovaných strusek typu 2 o velikosti až 1 cm (obr. 1b). V okrajových částech je patrná přeměna strusek v oxohydroxidy železa, které mají někdy zonální stavbu a obsahují partie jak izotropní, tak anizotropní.

Strusky typu 2 jsou tvořeny třemi hlavními komponentami – křemenem, sklem a produkty jeho devitrifikace, akcesoricky se vyskytují opakní fáze a zirkon. Skelná fáze dominuje (obr. 1c, d). Obvykle je sklo v procházejícím světle ve výbrusu bezbarvé, našedlé či (vzácněji) nahnědlé, dokonale izotropní (obr. 1d). Chemické složení izotropního skla je charakteristické relativně vysokými obsahy Ca (~ 16 hm. % CaO), Fe (~ 16 hm. % FeO), Al (~ 7 hm. % Al_2O_3) a alkálií (~ 4,7 hm. % $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) a dále mírně zvýšenými obsahy hořčíku (~ 3 hm. % MgO) a fosforu (~ 1,3 hm. % P_2O_5 ; tab. 1). Při okrajích vzorku či v blízkosti uzavření strusek typu 1 lze pozorovat pokročilou devitrifikaci skla, projevující se v PPL sytější hnědým zbarvením a zhoršenou průhledností (obr. 1e). V silně rekrystalovaných partiích lze identifikovat sférolitické a kostrovité agregáty anizotropních fází s nízkým až středním dvojlomem (obr. 1f). Jehlicovitá či sloupečkovitá individua mají index lomu zřetelně vyšší nebo podobný jako okolní sklo, vykazují šikmé či rovnoběžné zhašení a mají pozitivní i negativní ráz délky. Jde pravděpodobně minimálně o dvě fáze, patrně pyroxeny a živce. Elektronová mikroanalýza prokázala nestechiometrický charakter produktů devitrifikace – jejich chemické složení se příliš neliší od chemismu okolního skla. Křemen ve struskách typu 2 vytváří hojná korodovaná a rozpraskaná zrna o velikosti max. 0,2 mm, rovnoměrně rozptýlená ve skelné hmotě (obr. 1c, d). Opakní fáze a zirkon vytvářejí ojedinelá izometrická xenomorfně omezená zrna. Tento typ strusky je silně bublinatý, jednotlivé póry dosahují velikosti až 5 mm, mají dokonalý kruhový tvar a pokud nekomunikují s povrchem vzorku, nejsou vyplněny či povlékány žádným mladším minerálem (obr. 1c, d).

Při studiu výbrusů byly místy u obou typů strusek na jejich povrchu pozorovány drobné povlaky jemnozrné malty o mocnosti do 0,5 mm (obr. 1e, f). Plnivo malty je tvořeno prachovito-písčitou frakcí složenou zejména ze zrn subangulárního křemene (max. velikost do 0,1 mm), ojedinele i šupinek muskovitu. Pojivo malty je tvořeno zakaleným nahnědlým mikritickým karbonátem, jenž je

Tab. 1: Chemické složení (WDX analýzy, hm. %) jednotlivých fází ze studovaných struskových hmot. Empirický vzorec fayalitu byl přepočten na základ 4 atomů kyslíku, vzorec wüstitu na 1 atom kyslíku. b. d. – pod mezí stanovitelnosti. Světlé/tmavší sklo indikuje vzhled v BSE.

Tab. 1: Chemical composition (WDX analyses, wt. %) of individual phases from the studied slags. Empirical formulae of fayalite and wüstite have been recalculated on the basis of 4 and 1 atom(s) of oxygen, respectively. b. d. – below detection limit. Světlé/tmavší (=lighter/darker) refer to look of glass in BSE image.

struska	typ 1	typ 1	typ 2	typ 2
fáze	fayalit	wüstit	sklo-světlé	sklo-tmavší
P_2O_5	0,10		1,19	1,41
SiO_2	30,20	0,35	48,66	49,74
TiO_2	b. d.	0,32	0,47	0,48
Al_2O_3	0,11	0,26	6,80	6,97
Cr_2O_3	b. d.	b. d.	b. d.	b. d.
V_2O_5	b. d.	b. d.	b. d.	0,08
MgO	0,47	b. d.	2,83	3,10
CaO	0,82	0,10	15,30	16,51
SrO	b. d.		b. d.	b. d.
BaO	b. d.		0,29	0,14
MnO	b. d.	b. d.	0,57	0,61
FeO	68,64	98,32	17,58	14,30
NiO	b. d.	b. d.	b. d.	0,08
ZnO	b. d.	b. d.	b. d.	0,05
Na_2O	0,05		0,86	0,93
K_2O	b. d.		3,74	3,83
F	b. d.		0,08	0,08
Cl	b. d.		b. d.	b. d.
Total	100,52	99,41	98,48	98,39
P	0,003			
Si	1,008	0,004		
Ti		0,003		
Al	0,004	0,004		
Mg	0,024			
Ca	0,029	0,001		
Fe	1,916	0,978		
Na	0,003			
Total	2,990	0,987		

místy rekrystalován v lépe průhledný sparit. Maltové povlaky u strusek typu 1 bývají silně prosyceny oxohydroxidy železa. Tato malta nejeví známky tepelného poškození.

Diskuze a závěr

Strusky typu 1 lze na základě mikrostruktury a fázového složení považovat za železářské kovářské strusky. Nasvědčuje tomu hlavně silně nehomogenní textura, kterou lze očekávat u artefaktů vzniklých stavením úlomků strusek lišících se kvantitativním fázovým složením. V souladu s touto interpretací je i chemické složení jednotlivých fází (srov. Malý a Zapletalová 2007; Zmeškalová 2008; Křivánek 2009).

Strusky typu 2 patrně představují nedokonale zatavené (četné reliktů křemene, zirkonu a opakních fází) konstrukční materiál pece/výhně. Na základě relativně vysokého obsahu CaO ve sklovině lze soudit, že prekurzorem těchto sklovitých strusek byl materiál složením blízký vápenné maltě (srov. Kropáč 2005; Kropáč a Dolníček

2013). Vyšší obsahy fosforu a alkálií patrně pocházejí z dřevného popela (Kropáč 2005; Kropáč a Dolníček 2013).

Dosažené výsledky jednoznačně poukazují na to, že celý studovaný kompozičně heterogenní soubor strusek je časově synchronní a navíc s největší pravděpodobností pochází z jednoho a téhož výrobního zařízení. Pro tuto možnost svědčí relikty železářských strusek přítomné ve sklovitých struskách a naopak úlomky silně vápenatých strusek uzavřené ve struskách železářských.

Povlaky tepelně nealterované malty, které se vyskytují na obou typech strusek, nasvědčují využití strusek jako kameniva/stavebního kamene pro pozdější vybudování te-

pevně nenamáhané konstrukce. Rekrystalizace vápenného pojiva této malty indikuje dlouhodobější uložení daných vzorků ve vlhkých podmínkách (Gregerová 1996), čemuž nasvědčuje i rozsáhlé navětrání železářských strusek.

Poděkování

Autoři děkují P. Gadasovi (MU Brno) za spolupráci na mikrosondě. Laboratorní zpracování vzorků bylo podpořeno projektem IGA UP PrF_2013_010. Prof. B. Fojtovi a dr. D. Všianskému (MU Brno) autoři děkují za vstřícné recenzní posouzení rukopisu.

Literatura

- Gregerová, M. (1996): Petrografie technických hmot. Vyd. PřF MU Brno.
- Kropáč, K. (2005): Petroarcheologický výzkum stavebního kamene zříceniny hradu Obřany (Hostýnské vrchy). MS, diplomová práce, Katedra geologie PřF UP Olomouc.
- Kropáč, K. – Dolníček, Z. (2013): Non-metallurgical slags in the masonry of Obřany Castle in the Czech Republic: Evidence for the local production of hydraulic lime in the 14th century? – *Geoarchaeology*, 28, 544–556.
- Křivánek, J. (2009): Inventarizace výskytů historických železářských strusek v oblasti Chřibů. MS, bakalářská práce, Katedra geologie PřF UP Olomouc.
- Malý, K. – Zapletalová, D. (2007): Železářská kovovýroba v pravobřežní části Starého Brna. – *Archeologia technica*, 18, 18–31. Brno.
- Zmeškalová, B. (2008): Geoarcheologické aspekty historického železářství v okolí Bystřice p. Hostýnem. – MS, diplomová práce, Katedra geologie PřF UP Olomouc.